توسعه و آزمون یونجه خردکن موتوری برای واحدهای دامی کوچک

طاهر شاهی[۱]، تیمور توکلی هشجین[۲]، سعید مینایی[۳] و حسن ذکی دیزجی[۴]

چکیده

برای مکانیزه کردن امور واحدهای دامداری، یک دستگاه یونجه خردکن موتوری متناسب با نیاز واحدهای دامی کشور طراحی، ساخت و آزمایش شد. بطور کلی یونجه خردکن موتوری از این قسمت ها تشکیل یافته است: غلتک‌های تغذیه، مکانیزم جابجایی غلتک بالایی نسبت به غلتک پایینی، تیغه‌ها و واحد خردکننده، ضدتیغه، شاسی دستگاه، کانال ورودی دستگاه، سیستم انتقال توان دستگاه، محفظه‌های پوشاننده و حفاظ‌های ایمنی. دستگاه پس از ساخته‌شدن راه‌اندازی شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی دستگاه از یونجه‌های بسته‌بندی شده با بیلر استفاده شد. آزمایشات مربوط به ارزیابی دستگاه ساخته شده، در سه سطح سرعت تغذیه، دو سطح تیغه(۲ تایی و ٤ تایی)، دو سطح رطوبت و در سه تکرار انجام شد و در هر تکرار ۱۰۰ قطعه علوفهٔ خرد شده به طور تصادفی انتخاب شد و طول آنها اندازه‌گیری شد و درصد توزیع طول قطعات خرد شده در حالت‌های مختلف بصورت نمودارهایی بیان شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که تاثیر تمامی فاکتورها(سرعت تغذیه، تعداد تیغه، رطوبت ساقه‌های یونجه و اثرات متقابل آنها) بر روی طول قطعات خرد شده، در سطح یک درصد معنی‌دار است.

واژه‌های کلیدی: خردکن- خردکن موتوری یونجه- یونجه- واحدهای دامی کوچک- طراحی.

مقدمه

در بیشتر مناطق کشور برای تغذیهٔ دام در فصل‌های سرد، علوفه را ذخیره می‌کنند که عمده‌ترین آنها یونجه می‌باشد. ساقهٔ یونجه در هنگام درو، رطوبت زیادی در حدود ۸۰-۷۰ درصد دارد و سیلو کردن یونجه در بیشتر مناطق ایران مرسوم نیست. بنابراین برای نگهداری، باید با خشک کردن، رطوبت آنرا به ۱۵ الی ۳۰ درصد رساند[۱].

روش خشک کردن علوفه در خوشخوراک بودن آن تأثیر می‌گذارد و بطور کلی احشام، علوفهٔ خشک خردشده را به علوفهٔ خشک خردنشده ترجیح می‌دهند[۲]. در واحدهای دامی بزرگ برای خرد کردن علوفه، از چاپر و یا برخی دستگاههای ثابت دیگر استفاده می‌کنند. چاپرها در انواع چکشی و برش دقیق موجود می‌باشند که انواع برش دقیق نیز یا به‌صورت دیسکی و یا به‌صورت استوانه‌ای هستند [۸ و ۴]. در اغلب روستاها و در دامداری‌ها و واحدهای زراعی کوچک و متوسط (که بیشتر واحدهای دامی کشور ما از این نوع می‌باشند) علوفهٔ خشک شده (با رطوبت ۱۵ الی ۳۰ درصد) را در انبارهایی نگهداری کرده و برای تغذیهٔ دام، این علوفه را خرد می‌کنند. خرد کردن علوفه که به صورت دستی و توسط یک وسیلهٔ سنتی صورت می‌گیرد، معمولاً توسط دو نفر انجام می‌شود که کاری پر هزینه، طاقت فرسا و سخت بوده و خطرات

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر و دانش آموختهٔ مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۴- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

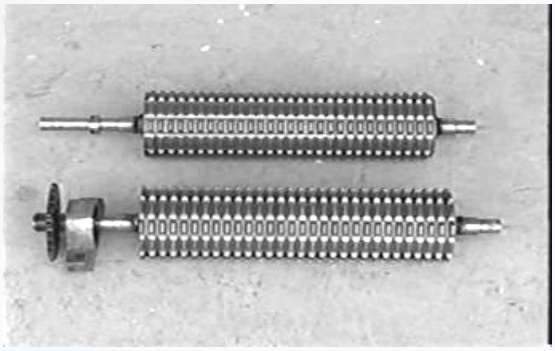
زیادی به همراه دارد. لذا ارائهٔ دستگاهی که بتواند خردکردن علوفه در واحدهای دامی کوچک و متوسط را به راحتی انجام داده و نیروی کاری را به یک نفر تقلیل دهد ، گامی موثر در مکانیزه کردن این واحدها می‌باشد. بررسی منابع نشان داد که تحقیقات مشابهی در کشور انجام نشده است. کمااینکه برخی شرکتها اقدام به ساخت ان.اع خردکننده های محصولات کشاورزی نم.ده اند. اما اغلب یونجه خرد کنهای موجود غیردستی وارداتی بوده و از چگونگی طراحی آنها اطلاعات کمی در اختیار است. در این مقاله ابتدا با توجه به شرایط واحدهای دامی کشور برای مکانیزه شدن، دستگاه یونجه خردکن موتوری طراحی و ساخته شد. برای این منظور آزمایشات اولیه‌ای انجام گرفت. پس از طراحی و ساخت، دستگاه مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روشها

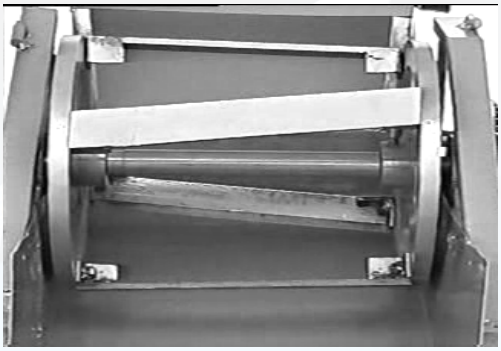
طراحی و ساخت دستگاه

طرح کلی دستگاه بدین‌صورت است که علوفه توسط کارگر به کانال ورودی ریخته می‌شود. دو غلتک تغذیه علوفهٔ ریخته شده را گرفته و به واحد خردکننده می‌رسانند. واحد خردکننده استوانه‌ای شکل، دارای چندین تیغه می‌باشدکه ضمن دوران خود علوفهٔ تغذیه شده را خرد می‌کند. برخی قسمت‌های دستگاه در شکلهای ۱ الی ۶ نشان داده شده است.

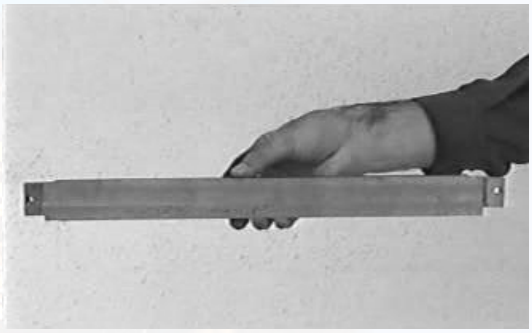
الف- انتخاب زاویهٔ تیغه‌ها و ساخت آنها: طبق تحقیقات انجام یافته برای تیغه‌های برداشت علوفه، از نظر انرژی مصرفی، زاویه تیزی ۲۰ درجه مناسب است ولی در عمل، این مقدار برای تیغه‌های استوانهٔ برش چاپرها خیلی ضعیف می‌باشد زیرا آنها به راحتی صدمه می‌بینند[۹]. همچنین طبق آزمایشات دیگر، در زوایای تیزی کمتر از ۳۵ درجه تغییرات نیروی برشی کم بوده ولی در زوایای بزرگتر، نیروی برشی و انرژی برشی به میزان محسوسی افزایش می‌یابد[۳]. در آزمایشات اولیه‌ای که برای اندازه‌گیری نیروی برشی یونجه انجام گرفت، در زوایای تیزی ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه، اختلاف معنی‌داری در ماکزیمم نیروی برشی ساقهٔ یونجه مشاهده نشد. بنابراین زاویهٔ تیزی ۳۵ درجه برای تیغه‌ها انتخاب شد. بطور کلی با افزایش زاویهٔ اریب، ماکزیمم نیروی برشی تقریباً بصورت خطی کاهش می‌یابد[۷]. برخی محققین نیز زاویهٔ اریب ۱۰-۸ درجه را برای چاپرهای علوفه پیشنهاد کرده‌اند[۵]. در عمل مشاهده شد که در زوایای اریب بزرگتر، برای یکسان بودن فاصلهٔ خلاصی در سرتاسر طول ضدتیغه، باید تیغه‌ها بصورت انحنادار ساخته شوند. همچنین برای نصب تیغه‌ها با زوایای اریب بزرگتر، باید قطر صفحات کناری بیشتر باشد. بنابراین در ساخت، زاویه اریب ۸ درجه انتخاب شد.



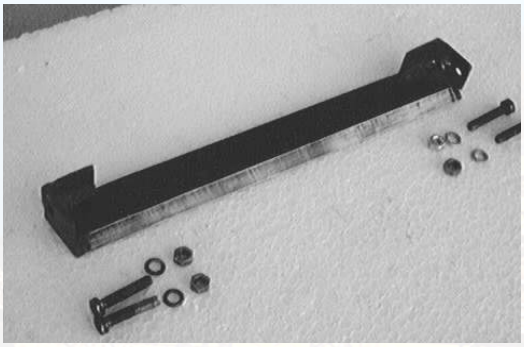
شکل ۱: غلتکهای تغذیهٔ دستگاه خردکن



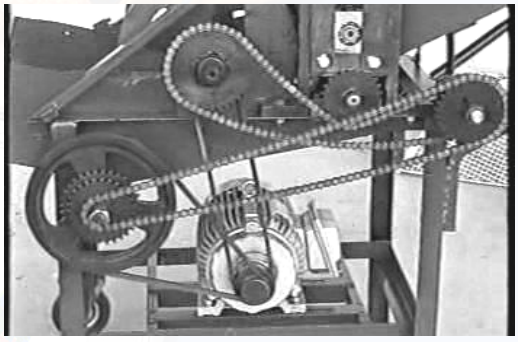
شکل ۲: واحد خرد کنندهٔ دستگاه



شکل۳: ضد تیغهٔ ساخته شده



شکل ٤ : تیغه های ساخته شده برای دستگاه



شکل ۵: سیستم انتقال توان

شکل ۶ : دستگاه یونجه خردکن موتوری ساخته شده

برای اجتناب از مالیده شدن سطح پشتی تیغه به مواد بریده نشده، زاویهٔ خلاصی (ϕ_{cp}) باید بزرگتر از مقدار زیر باشد[۷]. (۱)

$$\phi_{CP\ \min} = \arcsin\left(L_F \Big/ (2\pi \times L_R / Z)\right)$$

L_F= طول تئوری قطعات(mm)، L_R = فاصلهٔ نوک تیغه از محور دوران (mm) و Z= تعداد تیغه‌ها

از آنجایی که بزرگترین طول تئوری قطعات خرد شده در حالت دو تیغه‌ای برابر۷٦ mm (در حالت چهار تیغه‌ای۳۸ mm) در نظر گرفته شده است، حداقل زاویهٔ خلاصی که تیغه باید داشته باشد برابر ۸/۸۹ درجه بدست می‌آید که در ساخت برابر ۱۰ درجه در نظر گرفته شد. با توجه به شکل صفحات کناری (شکل ۲)، به‌منظور حفظ بالانس استاتیکی و دینامیکی واحد خردکننده، حالت‌های چهار تیغه‌ای و دو تیغه‌ای در نظر گرفته شد. برای ساخت تیغه‌ها با توجه به نوع کاربرد فولادها از تسمه‌های فولادی MS٦۰ به

ابعاد mm ۳۸۰×٤٤×۸ (طول× عرض ×ضخامت) استفاده شد (شکل ٤).

ب- تعیین سرعت‌های دورانی واحد خردکننده: در یک خردکن پرتاب مستقیم استوانه‌ای همراه با دمندهٔ کمکی سرعت محیطی تیغه‌ها در محدوده ۱۸ m/s تا ۲٤ کافی می‌باشد[٦]. با توجه به مساحت گلوگاه تغذیه دستگاه ساخته شده (cm ۷۰) و بیشترین فاصلهٔ بین دو غلتک معمولاً (۱٤cm-۱۸) سرعت دورانی واحد خرد کننده حدود ۷۵۰rpm درنظر گرفته شد که در این‌صورت سرعت خطی تیغه‌ها ۱۲ /۵۷ m/s خواهد بود. طراحی سیستم انتقال توان طوری بود که در صورت عدم جوابگو بودن این سرعت، با تعویض پولی مربوط به واحد خردکننده و محور محرک غلتک‌ها- با حفظ نسبت تناسب- این سرعت به راحتی قابل تغییر بوده بدون اینکه تغییری در طول‌های تئوری در نظر گرفته شده بوجود آید.

پ- تعیین سرعت دورانی غلتک‌های تغذیه: از آنجایی که امکان تغییر و تنظیم تعداد تیغه‌ها در دو سطح ٤تایی و ۲ تایی به سادگی وجود دارد، با در نظر گرفتن سه سطح برای سرعت تغذیه، با این دستگاه می‌توان یونجه را در ٦ اندازه مختلف خرد کرد. بطور کلی سرعت تغذیه (سرعت خطی غلتک‌ها) از رابطهٔ زیر بدست می‌آید[۱]:

(۲)

$$V_F = \frac{n_C . z . L_F}{60000}$$

L_F= طول نظری قطعات(mm)، V_F = سرعت تغذیهٔ مواد (سرعت محیطی غلتک‌های تغذیه) (m/s)، n_c = سرعت دورانی واحد برش (rpm) و Z= تعداد تیغه‌ها

اگر مینیمم مقدار طول تئوری قطعات(L_{Fmin}) را mm ۷ در حالت ٤ تیغه‌ای(mm ۱٤ در ۲ تیغه‌ای) و ماکزیمم مقدار آن (L_{Fmin})را ۳۸mm در حالت ٤ تیغه‌ای (mm ۷٦ در ۲ تیغه‌ای) و متوسط مقدار آن را mm ۲۵ در حالت ٤ تیغه‌ای(mm ۵۰ در ۲ تیغه‌ای) در نظر بگیریم، از رابطهٔ (۲) سرعت‌های تغذیهٔ مینیمم، متوسط و ماکزیمم به ترتیب برابر با ۰/۳۲۵ ، ۱/۲۵ و۱/۹ متر بر ثانیه بدست می‌آید. در نهایت، سرعت دورانی غلتک‌های تغذیه از رابطهٔ زیر بدست می‌آیند:

$$n_F = \frac{V_F \times 30}{r_F \times \pi} \quad (۳)$$

r_F = شعاع غلتک‌ها که تقریباً ۵ سانتی‌متر است. در نهایت n_{Fmin}= ٦۲/۱ rpm ،n_{Fave}= ۲۳۸/۷۵ وn_{Fmax}= ۳٦۲/۸۷ خواهد بود.

ت- ظرفیت تئوری دستگاه در حالت‌های مختلف تغذیه: ظرفیت تئوری خرد کن (M_F) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$M_F = \frac{\rho_f . A_t . V_F}{10^4} \quad (٤)$$

M_F= ظرفیت تئوری یا شدت تغذیه(kg/s)، A_t = مساحت گلوگاه تغذیه (cm^2) و ρ_f = جرم مخصوص علوفه در گلوگاه برش (kg/m^3). با جاگذاری A_t =۷۰ ، ۳٤۰ = ρ_f در رابطهٔ (٤)، ظرفیت تئوری دستگاه در سطوح مختلف سرعت تغذیه (m/s V_{Fmin}=۰/۳۲۵ ، V_{Fave}= ۱/۲۵ و ۱/۹ =V_{Fmax})، به ترتیب برابر با M_{Fmin}=۰/۷۷٤ ، M_{Fave} = ۲/۹۷۵ و M_{Fmax} = ٤/۵۲۲ کیلوگرم بر ثانیه خواهد بود.

ث- محاسبات مربوط به توان مورد نیاز دستگاه:
در آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری نیروی برشی یونجه، بیشترین مقدار نیروی برشی در محدودهٔ رطوبتی ۱۵ تا ۳۰ درصد(بر مبنای تر)، زاویه اریب ۸ درجه و زاویهٔ تیزی ۳۵ درجه، برابر با ۳۵ نیوتن بدست آمد. با توجه به اینکه قطر متوسط ساقه‌های یونجه در این آزمایش ۲/۵ میلی‌متر بود، ماکزیمم نیروی برشی ویژه (F_{smax})، برابر با ۱۰/٤ نیوتن بر واحد طول ضدتیغه بدست می‌آید. محققین نیز توسط چاپرهای استوانه‌ای، ماکزیمم نیروی برشی ویژهٔ یونجه در رطوبت ۲۰ درصد(بر پایهٔ تر) را درمحدودهٔ ۹/۷ N/mm تا ۱٦/٥ بدست آورده است[۳]. با در نظر گرفتن F_{smax}=۱٦/٥ و با توجه به اینکه طول ضد تیغه ۳٥۰mm است، خواهیم داشت: F_{max}=٥۷۷٥N. مقدار کار انجام شده بطور تقریبی از رابطهٔ ٥ برابر با ٥۷/۷٥ ژول بدست می‌آید:

$$W = \frac{1}{2} F_{man}.h \quad (٥)$$

h = بیشترین ارتفاع گلوگاه تغذیه است که برابر با ۰/۰۲ متر می‌باشد.

زمان برش و نیز توان مورد نیاز برش با استفاده از رابطه ۶ قابل محاسبه است:

(٦)

$$P_C = \frac{W}{T_1}, \qquad T_1 = \frac{\theta}{\omega_C} = \frac{60\,\theta}{2\pi n_C}$$

T_1= زمان یک برش کامل($٥/٥۱\times10^{-۳}$) (s)، θ= زاویهٔ طی شده در مدت زمان یک برش(rad)، ω_C= سرعت زاویه‌ای تیغه (rad/s)، n_C = سرعت دورانی استوانه خرد کننده (۷٥۰ rpm) و P_c = توان برشی مورد نیاز (W). با جایگذاری واینکه جرم واحد خردکننده به عنوان چرخ لنگر (در حدود ۱٦ کیلوگرم) عمل می‌کند، توان مورد نیاز برابر با ۲/۸۹ کیلووات (۳/۸ hp) بدست می‌آید.برابر با ۹/۸۳۸۲ کیلووات (۱۲/۹٤٥ hp) خواهد بود.

توان لازم جهت به جریان انداختن هوا از رابطه (۷) محاسبه می‌شود :

(۷)

$$P_{air} = \frac{V_K^3}{16600}$$

که در آن(P_{air} (kW)، توان لازم برای جریان هوا وV_K سرعت هوا (تقریباً برابر با سرعت محیطی تیغه‌ها) می‌باشد. . با جایگذاری V_K= ۱۲/٥۷ m/s در رابطه (۷)، مقدار (P_{air}) برابر kW ۰/۱۱۹٥ (۰/۱٥۷۲ hp) بدست می‌آید.

توان لازم برای غلبه براصطکاک بین علوفهٔ بریده شده و استوانهٔ برش ، از معادله زیر محاسبه می‌شود

(۸)

$$P_f = \frac{\beta.\mu.M_F.V_K^2}{1000}$$

P_f = قدرت جذب شده در اثر اصطکاک سایشی (kW)، β= کمان متوسط از پوسته که علوفهٔ خرد شده روی آن سائیده می‌شود (رادیان) و μ= ضریب اصطکاک بین علوفه و پوستهٔ فولادی که با جاگذاری M_{Fmax}=۴/٥۲۲، m/s V_K=۱۲/٥۷، μ = ۰/۳٥ و $\beta = 1/04$rad در رابطهٔ (۸) ، مقدار P_f تقریباً برابر با kW ۰/۲٦ (۰/۳۴۲۱ hp) حاصل می‌شود.

با فرض اینکه علوفه باسرعتی برابر با سرعت محیطی تیغه‌ها پرتاب می‌گردند، توان مورد نیاز برای شتاب دادن به علوفه را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$P_{accel} = \frac{M_F . V_K^2}{2000} \qquad (۹)$$

باجاگذاری M_{Fmax}=٤/٥٢٢ kg/s و V_K=١٢/٥٧ m/s دررابطهٔ٩، P_{accel} برابر ٠/٣٥٧ kW (٠/٤٦٩ hp) بدست می‌آید.

بنابراین کل توان مورد نیاز دستگاه(مجموع توان‌های مصرفی) برابر با ٤/٠٥٧٥ kW (٥/٣٣٨٩ hp) خواهد بود. که برای اطمینان بیشتر، برای تامین توان مورد نیاز دستگاه، الکتروموتور ٥/٥ hp (٤/١٨ kW) در نظر گرفته شد.

روش آزمون دستگاه

برای آزمون دستگاه ابتدا دسته‌های کوچکی از یونجه بسته‌بندی شده با بیلر (رطوبت ١٥ درصد) بطور تصادفی برداشته شد و توسط دستگاه خرد شد. خردکردن یونجه در سه سطح سرعت تغذیه(٠/٣٧ m/s ، ١/٤١ ، ٢/١٢) و دو سطح تیغه (٢و٤ تایی) انجام شد. هرکدام از آزمایشات در سه تکرار انجام گرفت و در هر تکرار حدود ١٠٠ قطعه علوفه خرد شده بطور تصادفی انتخاب و طول آنها اندازه‌گیری شد. به منظور حذف تأثیر غیریکنواختی تغذیه و نیز حذف خاصیت شکنندگی ساقه‌ها، سری دوم آزمایشات در رطوبت زیادتر انجام گرفت. در این سری از آزمایشات، ابتدا ساقه‌ها بطور موازی در کنار هم چیده شدند و سپس توسط دستگاه خرد شدند. برای زیادتر کردن رطوبت علوفه، ابتدا مقداری آب به ساقه‌های یونجه پاشیده شد و سپس روی آن نایلونی کشیده شد. پس از ٢٤ ساعت، رطوبت آنها بصورت وزنی اندازه‌گیری شد که رطوبت ساقه ها در حدود ٢٧ درصد بود. اندازه‌گیری رطوبت براساس استاندارد ASAE انجام گرفت. طرح آزمایش به صورت فاکتوریل چند فاکتوره در قالب طرح کامل تصادفی است.

یافته ها و بحث

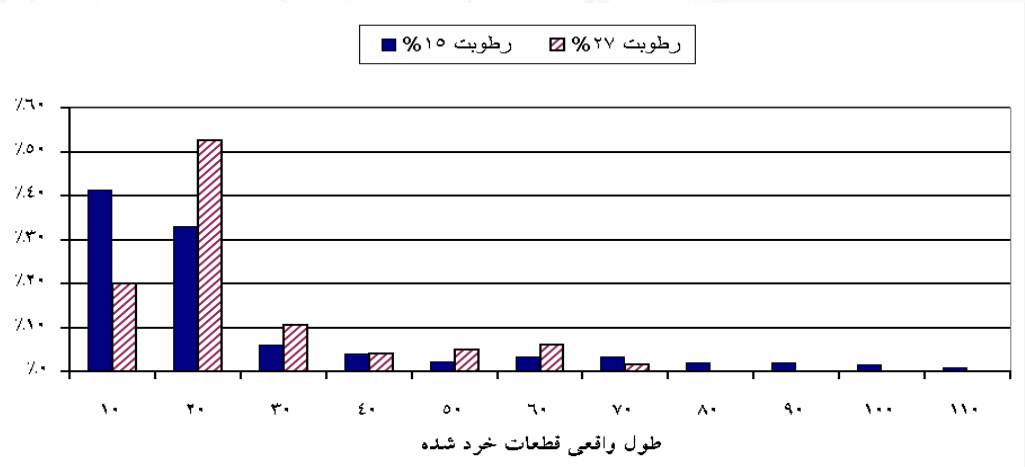
به منظور تحلیل داده‌ها، از تجزیه واریانس میانگین‌های طول قطعات اندازه‌گیری شده در آزمایشات استفاده شد که نتایج حاصله در جدول(١) آمده است. با توجه به جدول (١) پیداست که تأثیر تمامی فاکتورها، بر روی طول قطعات خردشده، در سطح ١٪ معنی‌دار می‌باشد. البته چون طول قطعات خرد شده توسط دستگاه در ارتباط مستقیم با سرعت تغذیه و تعداد تیغه است، معنی‌دار بودن تاثیر این دو فاکتور و اثر متقابل آنها قابل انتظار بود. معنی‌دار بودن تأثیر رطوبت را بیشتر می‌توان به نحوهٔ تغذیهٔ علوفه به دستگاه و نیز کمترشکسته شدن ساقه‌ها در رطوبت ٢٧ درصد، نسبت داد. در نمودارهای مربوط به توزیع طول قطعات خردشده توسط چاپرها، معمولاً درصد قطعات خردشده درمحدوده‌های ٤٠ میلی‌متری (...و١٢٠-٨٠ ، ٨٠-٤٠ ، ٤٠-١) مشخص می‌شود [٣]. در این تحقیق به منظور نمایان‌تر شدن توزیع طول قطعات، درصد قطعات خردشده در محدوده‌های ١٠ میلی‌متری، مشخص شده است. در نمودارهای ١، ٢ و ٣ توزیع طول قطعات خردشده در سرعت‌های تغذیهٔ مختلف و حالت دو تیغه‌ای، نشان داده شده است. در نمودارهای ٤، ٥و ٦ نیز توزیع طول قطعات خردشده در سرعت‌های

مختلف تغذیه و حالت چهار تیغه‌ای، نشان داده شده است. چنانکه از نمودارها پیداست، درصد رطوبت و نیز نوع تغذیه، بر روی یکنواختی علوفهٔ خردشده توسط دستگاه، تأثیر بسیار زیادی دارد. در آزمایشات انجام شده در رطوبت ۱۵ درصد، ساقه‌ها بطور غیریکنواخت و ناموازی قرار گرفته بودند. از سوی دیگر، علوفه هنگام بسته‌بندی تحت فشار واقع شده و در نتیجه بسیاری از ساقه‌ها خم شده و حالت کمانی پیدا کرده بودند. بنابراین هنگام خردکردن، تعداد چشمگیری از قطعات، بزرگتر از طول تئوری بودند به‌طوریکه در طول های تئوری مختلف، طول برخی قطعات خرد شده حتی به ۱۱۰ میلی‌متر نیز می‌رسید.

جدول ۱ : نتایج تجزیه واریانس داده‌های طولی قطعات خرد شده با دستگاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تعداد تیغه	۱	۲٤٥۷/۳**	۱۳۲۸/۱
رطوبت	۱	۲۳/٥**	۱۲/۷
تیغه × رطوبت	۱	۷۱/٥**	۳۸/۷
سرعت تغذیه	۲	۷۲۱/۱**	۳۸۹/۷
تعداد تیغه×سرعت تغذیه	۲	۱٦۰/۴**	۸٦/٦
سرعت تغذیه×رطوبت	۲	۲٤٤۸/۲**	۱۳۲۳/۲
سرعت تغذیه×رطوبت×تعداد تیغه	۲	۳٦۷/۱**	۱۹۸/۴
خطا	۲۲	۱/۸	
مجموع	۳۳		

**: معنی‌دار در سطح یک درصد.

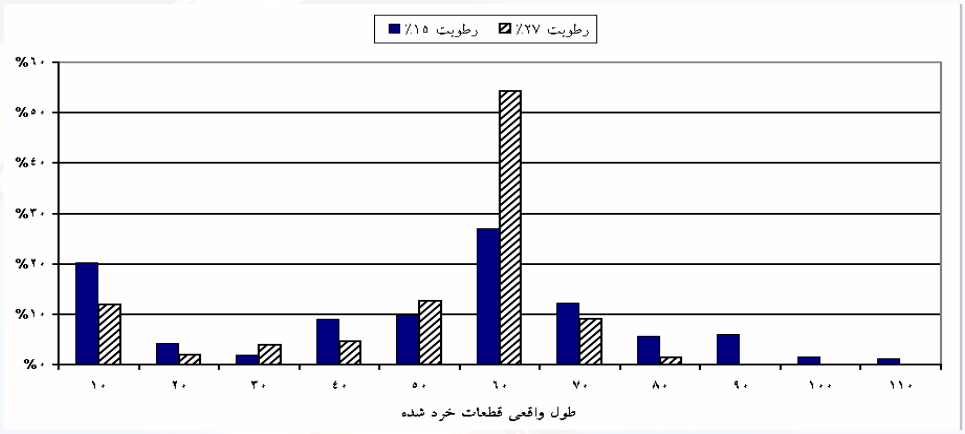


نمودار ۱ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ ۰/۳۷ m/s و حالت دوتیغه‌ای(طول تئوری ۱٤mm)

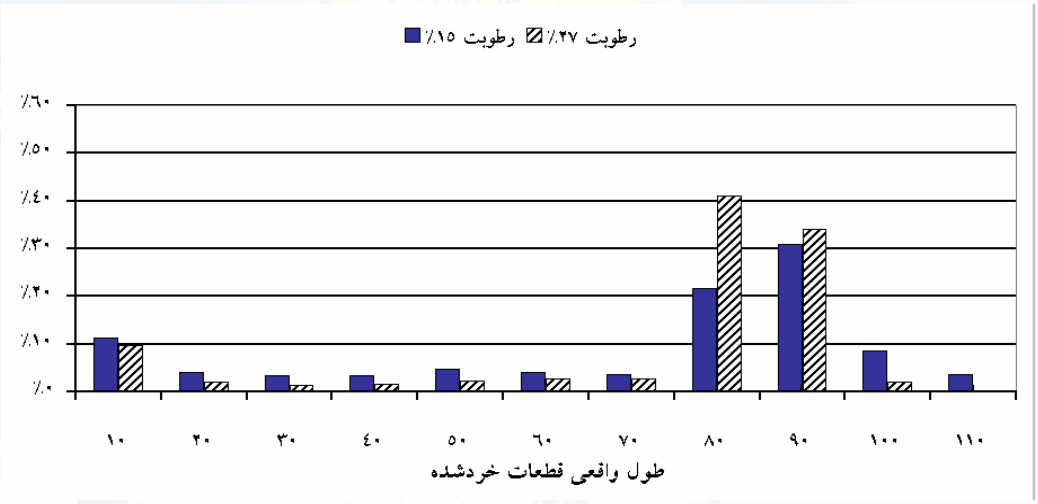
در آزمایشات انجام شده در رطوبت ۲۷ درصد که ساقه‌ها بطور کاملاًموازی کنار هم چیده شده بودند، در برخی از آزمایشات مشاهده گردید که برخی از ساقه ها هنگام وارد شدن به گلوگاه تغذیه از حالت موازی خارج شده و بصورت غیر عمود بر محور دوران واحد خردکننده، به دستگاه وارد می‌شوند. با همهٔ اینها، انتظار می‌رفت که در این حالت، طول‌های واقعی قطعات خرد شده اختلاف کمی با طول‌های تئوری مربوطه داشته باشند و یا فقط بخش کوچکی از قطعات (در اثر کج شدن برخی ساقه‌ها) از طول تئوری بزرگتر باشند. ولی نتایج آزمایشات نشان داد که در این حالت نیز(بویژه در طولهای تئوری کوچکتر، مانند ۷ ، ١٤ و ٢٦/٥) بخش قابل توجهی از قطعات خردشده ، بزرگتر از طول تئوری است(شکل‌های ۱، ٤ و ٥). علت این امر را چنین می‌توان بیان کرد که در حین یک تغذیه، تا وقتی طول علوفه زیاد است و یک سر علوفه در بین دو غلتک قرار دارد، عمل برش به خوبی انجام می‌گیرد و طول قطعات خردشده نزدیک به طول تئوری خواهد بود. اما وقتی انتهای ساقه‌های علوفه از بین غلتک‌ها خارج شد، در اثر ضربهٔ تیغه، انتهای ساقه‌ها بالا آمده و بدون بریده شدن، به داخل استوانهٔ خردکننده پرتاب می‌شوند. دلیل صدق این ادعا را می‌توان چنین بیان کرد که فاصله بین نقطهٔ میانی گلوگاه تغذیه (نقطه مرکزی دو غلتک)تا تیغه ٦٥ میلی‌متراست و درحالت تغذیهٔ موازی(رطوبت ۲۷ درصد) ودر طولهای تئوری ۷، ١٤، ٢٦/٥، ٤٠ و ۵۳ میلی‌متر نیز طول بزرگترین قطعات خردشده، کمتر از ۷۰ میلی‌متر است(از چند درصد کوچکی هم که در نمودارها در محدودهٔ ۸۰-۷۰ واقع شده، طول بیشتر قطعات ۷۰ میلی متر است). بنابراین هرچه قطر غلتک‌ها و نیز ضخامت ضد تیغه کمتر باشد(فاصلهٔ بین تیغه و نقطهٔ میانی غلتک‌ها کم شود)، علوفهٔ خردشده یکنواخت‌تر می‌شود. پس می‌توان گفت که در رطوبت ۱۵ درصد نیز، پرتاب شدن قسمت انتهایی ساقه‌ها یکی از عوامل بزرگ بودن برخی قطعات خردشده می‌باشد.

با توجه به نمودارها، در آزمایشات انجام شده در هر دو رطوبت (۱۵ درصد و تغذیهٔ غیر یکنواخت- ۲۷ درصد و تغذیهٔ یکنواخت) طول برخی از قطعات خردشده کوچکتر از طول تئوری است. این امر را می توان به دیر رسیدن ابتدای ساقه‌های وارد شده به واحد برش نسبت داد. علت دیگر کوچک بودن برخی قطعات بویژه در طول‌های تئوری بزرگتر مانند ۵۳ و ۸۰ میلی متر، پرتاب شدن قسمت انتهایی ساقه (که طول کمتری دارد)، می‌باشد. بخش قابل توجهی از قطعات خردشده‌ای که طول کمتری از طول تئوری داشتند، برگ‌های یونجه بود که از ساقه جدا شده بودند. این بخش در محدودهٔ mm ۱۰-۰ نمودارها آورده شده است. با توجه به نمودارها پیداست که با افزایش رطوبت، درصد جداشدن برگ‌ها و یا ریز شدن ساقه‌ها (محدودهٔ ۱۰-۰ میلی متری) کم می‌شود. در طول‌های تئوری بزرگتر، درصد قطعاتی که در محدوده ۱۰-۰ میلی‌متری قرار داشتند، کمتر بوده است. در محدوده رطوبتی ۱۵ درصد، علاوه بر موارد فوق، موارد زیر نیز باعث کوچکتر شدن طول بخش قابل توجهی از قطعات می‌شود. خشک بودن علوفه باعث شده بود که ساقه‌ها حالت ترد و شکننده داشته باشند و در اثر ضربات ناشی از تیغه، علاوه بر بریده شدن، ترک برداشته و یا

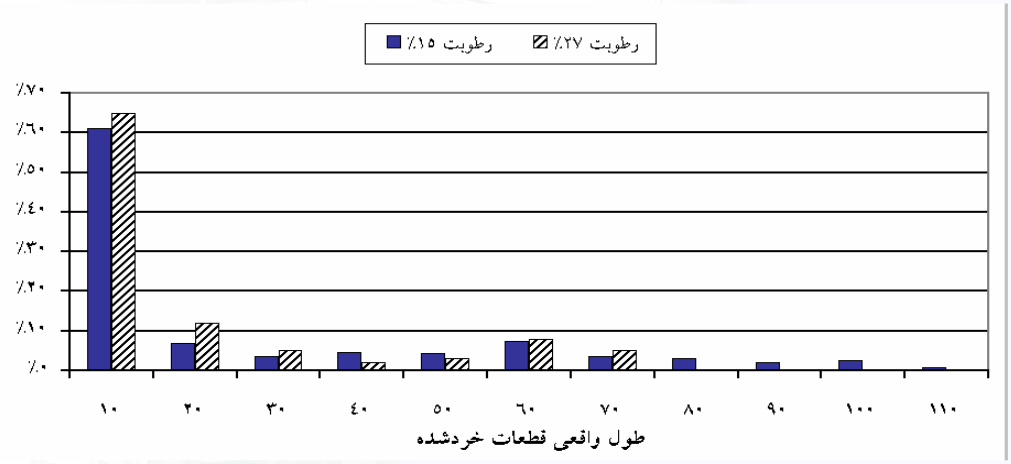
بشکنند. دندانه‌دار بودن غلتک‌ها نیز در بیشتر شکسته شدن ساقه‌ها موثر بود.



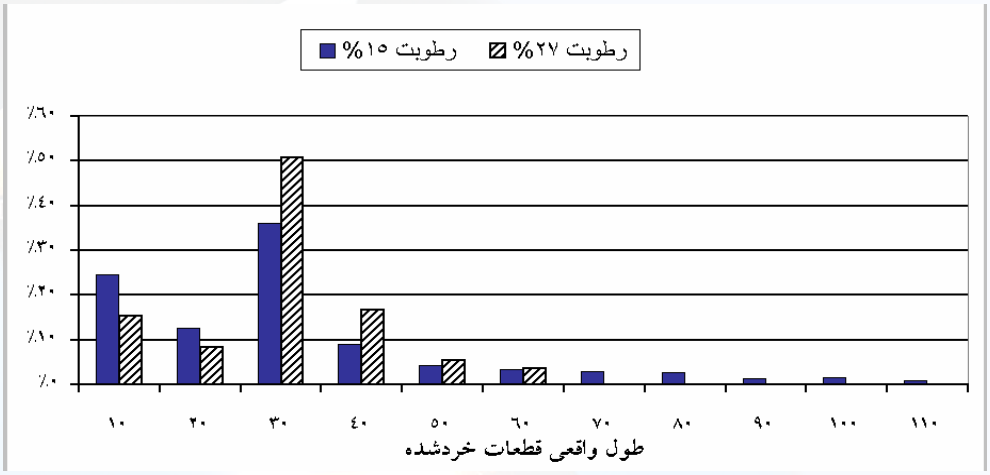
نمودار ۲ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ ۱/۴۱ m/s و حالت دوتیغه‌ای(طول تئوری ۵۳mm)



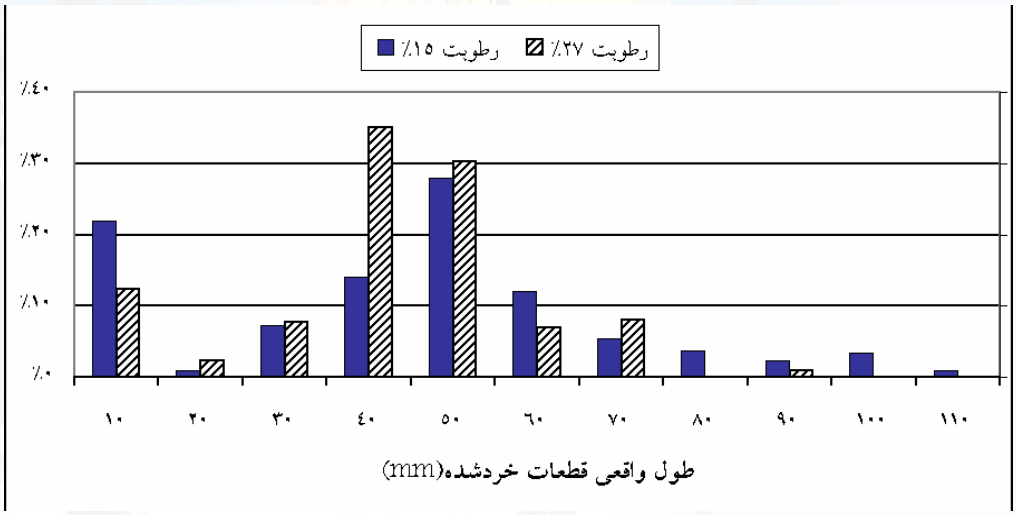
نمودار ۳ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ ۲/۱۲ m/s و حالت دوتیغه‌ای(طول تئوری ۸۰mm)



نمودار ٤ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ ۰/۳۷ m/s و حالت چهارتیغه‌ای(طول تئوری ۷ mm)



نمودار ۵ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ m/s ۱/۴۱و حالت ٤ تیغه‌ای(طول تئوری mm ۲۶/۵)



نمودار ٦ : توزیع طول قطعات خردشده در سرعت تغذیهٔ m/s ۲/۱۲و حالت ٤ تیغه‌ای(طول تئوری mm ٤۰)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق طراحی، ساخت و ارزیابی یونجه خردکن موتوری انجام شد که در طراحی و ساخت آن، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، ساده بودن طرح و قابلیت تولید در داخل کشور مد نظر بوده است. در ضمن در طراحی دستگاه سعی بر آن بوده است که با توجه به تحقیقات صورت گرفته توسط پژوهشگران، ابعاد و اندازه‌ها طوری طراحی و انتخاب شوند که قسمت‌های مختلف ضمن دارا بودن مقاومت لازم، توان مصرفی کمتری داشته باشند.

مزیتهای این دستگاه عبارت است از:۱- دستگاه ساخته شده علاوه بر تسهیل در انجام عمل خردکردن علوفه، قابلیت خردکردن علوفه در شش طول تئوری مختلف را دارد. ۲- تغییر سرعت‌های تغذیه به سادگی و در زمان خیلی کم، بدون نیاز به کوتاه یا بلند کردن زنجیر و بدون نیاز به تعویض چرخ‌دنده، امکان‌پذیر است. در ضمن، با تعویض چرخ‌دنده‌ها، امکان دستیابی به طول‌های

تئوری دیگر نیز به سادگی امکان‌پذیر است بدون اینکه نیازی به ایجاد تغییرات در سیستم انتقال توان وجود داشته باشد. ۳- در انتقال حرکت به واحد خردکننده و شافت کمکی(که حرکت واحد تغذیه از آن تامین می‌شود)، از تسمه- پولی استفاده شده که این امر باعث می‌شود که قسمت‌های مختلف دستگاه و سیستم انتقال توان در مقابل بارهای ضربه‌ای و ناگهانی ایمن باشند زیرا که در این‌گونه موارد، تسمه سر می‌خورد و قسمت‌های مختلف را از آسیب مصون نگه می‌دارد. ٤- با بکار بردن محفظه‌های پوشاننده، خطرات احتمالی در استفاده از آن به حداقل برسد.

نتایج حاصل از داده‌های مربوط به اندازه‌گیری طول واقعی قطعات خردشده توسط دستگاه در حالت‌های مختلف را بصورت زیر می‌توان عنوان کرد: ۱- نحوهٔ تغذیهٔ علوفه و رطوبت آن، تاثیر معنی‌داری(در سطح یک درصد) بر اندازهٔ طول واقعی قطعات خرد شده دارد و هر چه علوفه بصورت منظم به دستگاه تغذیه شوند، میزان یکنواختی قطعات خردشده افزایش می‌یابد. ۲- با توجه به اینکه در علوفه خاصیت شکنندگی بیشتری دارند و این امر باعث شکسته شدن بیشتر ساقه‌ها می‌شود. بنابراین برای خردکردن علوفه در شاید استفاده از غلتک‌های دندانه درشت و یا بکارگیری غلتک صاف بعنوان غلتک پایینی و غلتک دندانه‌دار بعنوان غلتک بالایی، عملکرد بهتری نسبت به غلتک‌های دندانه‌دار داشته باشند. ۳- هرچه قطر غلتک‌های تغذیه کمتر باشد، یکنواختی علوفهٔ خردشده بیشتر می‌شود. ٤- در رطوبت‌های نسبتاً زیاد (۲۵-۳۰) میزان شکسته شدن ساقه‌ها و نیز میزان ریزش برگ‌های علوفهٔ خردشده با دستگاه، کمتر از حالتی است که رطوبت علوفه کم(۱۵-۲۰درصد) باشد.

منابع

۱. بهروزی لار، م. (۱۳۷۹). اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی. ترجمه، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه آزاد اسلامی.

۲. کریمی، ه. (۱۳٦۷). یونجه، انتشارات مرکز دانشگاهی تهران.

3. **Chancellor, W.J.** (1987). Cutting of Biological Material. Agricultural Engineering Hand Book, R. Brown (Ed.). CRC Press Inc.

4. **Culpin, G.** (1992). Farm Machinery. 12th Edition, Blackwell Scientific Publications

5. **Kanafojski, C.Z. and Karwowski, T.J.** (1976). Agricultural Machines Theory and Construction. Foreign Scientific Publications Department of National Center for Scientific, Technical and Economic In formation. Warsaw, Poland.

6. **Kepner, R.A., Bainer, R. and Brager, E.L.** (1978). Principal of Farm Machinery. Third Edition. Westport Connecticut, U.S.A.

7. **Persson, S.** (1987). Mechanics of Cutting plant Material. St. Joseph, Michigan, U.S.A.

8. **Smith, H.P. and Wilkes, L.H.** (1984). Farm Machinery and Equipment. 6th Edition. Tata Mc- Graw Hill.

9. **Wilkes, R.S.** (1985). Review of Refrence Book on cutting fibbrous Material. John Deere Ottumwa Works, Ottomwa Io.

Development and Testing of Alfalfa Chopper for Small Farms

Abstract

In this research, a motorized alfalfa chopper suitable for our small livestock producers was designed, developed, and tested inralation to an effective step in mechanizing of feeding livestock. Designed and developed of the motorized alfalfa chopper includes the following activities :1- design and development of the feeding rollers. 2- design and development of conveyance mechanism for the upper roller. 3- design and development of the blades and the chopper unit. 4- development of the counter shear 5- construction of the frame. 6- design and development of the feed chute. 7- design and development of the power transmission system. 8- stimation of the required power, and design of the chopper rotor shaft 9- construction of the covers and shields

The chopper was started and evaluated after development. Bailed alfalf was used for evaluation of the chopper. Tests were conducted at 3 levels of feeding rate, 2 levels of blade count, and 2 levels of stem moisture content with 3 repetitions. 100 pieces of chopped alfalfa were selected randomly for measurement. The length of each piece was measured, and the precent distribuation of chopped pices was determined for each treatment. Results of the analysis of variance of the data showed that all factors (feed rate, moisture content of alfalfa, number of blades, and their reaction effect) had a significant effect (α =0.01) on the chopped slice length.

Key words: Chopper, Motorized Alfalfa chopper, Alfalfa, Small farms, Design